



# Süleyman Demirel Üniversitesi

## YEKARUM e-DERGİ

### (Journal of YEKARUM)



Cilt 8, Sayı 1, 1-12, 2023  
E - ISSN:1309-9388

## Güneş Enerjili Ejektörlü Soğutma Sisteminin Teorik İncelemesi: Yemen için Örnek Bir Uygulama

Eissa ALKUBATI<sup>1\*</sup>, İbrahim ÜÇGÜL<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9719-0143), [issakubati@gmail.com](mailto:issakubati@gmail.com)

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9794-0653), [ibrahimucgul@sdu.edu.tr](mailto:ibrahimucgul@sdu.edu.tr)

(İlk Geliş Tarihi 07/07/2023 ve Kabul Tarihi 16/07/2023)

### ÖZET:

Bu çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı ejektörlü soğutma sistemi Yemen örneğinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yemen'deki enerji sorununa özellikle sanayi sektörüne bir çözüm olabilecek yenilenebilir enerji kullanımına dayalı sistemler bu çalışmanın odak noktasını oluşturmuştur. Güneş parabolik kollektör ve ejektörlü soğutma sistemi, Yemen'deki enerji sorununa çözüm olabilecek önemli bir teknolojidir, özellikle Yemen gibi güneş ışımından zengin, soğutma ihtiyacının büyük olduğu bölgelerde bu sistemler, temiz ve sürdürülebilir enerji sağlamak için idealdir.

Çalışmada, ejektörlü soğutma sisteminin performansı, COP ve verim değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda elde edilen analizler ve sonuçları, Python programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmada farklı jeneratör ve evaporatör sıcaklıkları göre COP değerleri 0,4 ile 1,2 arasında bulunmuştur. Bu çalışmada, kapsamında sistemin teorik hesaplaması ve analizi yapılarak yemen için bir teorik uygulama gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, Güneş enerjisi, Ejektörlü sistem, Soğutma sistemi, ısı tahrikli soğutma sistemi.

## Theoretical Analysis Of Solar-Powered Ejector Cooling System: An Application Example for Yemen

### ABSTRACT

In this study, a solar-powered ejector cooling system has been thoroughly examined using the example of Yemen. Systems based on renewable energy usage, which can be a solution to the energy problem in Yemen, particularly in the industrial sector, have been the focus of this study. Solar parabolic collectors and ejector cooling systems are important technologies that can provide a solution to the energy problem in Yemen. Especially in regions like Yemen with abundant solar radiation and high cooling needs, these systems are ideal for providing clean and sustainable energy.

The performance of the ejector cooling system has been evaluated in terms of COP (Coefficient of Performance) and efficiency values. The analyses and results obtained in the calculations were obtained using the Python programming language. In this study, COP values ranging from 0.4 to 1.2 were found for different

\* Sorumlu yazar E-mail: [issakubati@gmail.com](mailto:issakubati@gmail.com)

generator and evaporator temperatures. The theoretical calculation and analysis of the system were conducted within the scope of this study, and a theoretical application for Yemen was performed.

**Keywords:** *Renewable energy, solar energy, ejector system, cooling system, thermally driven cooling system.*

## 1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan soğutma sistemleri üzerine yapılan çalışmaların artmasıyla birlikte, dünya genelinde bu tür uygulamaların zamanla yaygınlaştığı görülmektedir. Endüstriyel sektörde soğutma sistemi hem çok önemli bir yer almaktadır hem de çok yüksek enerji tüketen bir sistemdir.

Güneş enerjisi araştırmaları ve teknolojileri, enerji sektöründe dönüşümü hızlandırmak, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için kritik bir role sahiptir. Ejektörlü soğutma sistemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, bu konuyla ilgili yoğun araştırmalar başlamıştır. Ancak, ejektörlü soğutma sistemlerinin performans katsayısı düşük olduğundan, yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle, ejektörlü soğutma sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Literatür araştırmaları, ejektör tasarımı ve boyutlandırma hesaplamalarının zamanla arttığını göstermektedir. Ejektörlü soğutma sistemleri çevre dostu bir sistem olup, fosil yakıt kullanımının azaltılması ve sera gazı salınımının azalması açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Dünya genelinde global ısınma nedeniyle soğutma ihtiyaçlarındaki talepler artmaktadır. Verimliliği artırmak için hava koşullandırma cihazlarının standartlara uygun olması gerekmektedir. Ayrıca, pasif, doğa tabanlı ve refrigerantsız hava koşullandırma sistemleri gibi alternatif çözümler, geleneksel refrigerant tabanlı klimaların yerine geçmesi için binaların ve bölgelerin daha iyi tasarlanmasıyla öncelikli olarak ele alınmalıdır. Son yedi yıl, kaydedilen en sıcak yıllar olmuştur. 2021 yılında binaların soğutma talebi, yıllık büyümede en yüksek seviyeye ulaşmış ve elektrik tüketiminin yaklaşık %16'sini (yaklaşık 2000 TWh) oluşturmuştur [1].

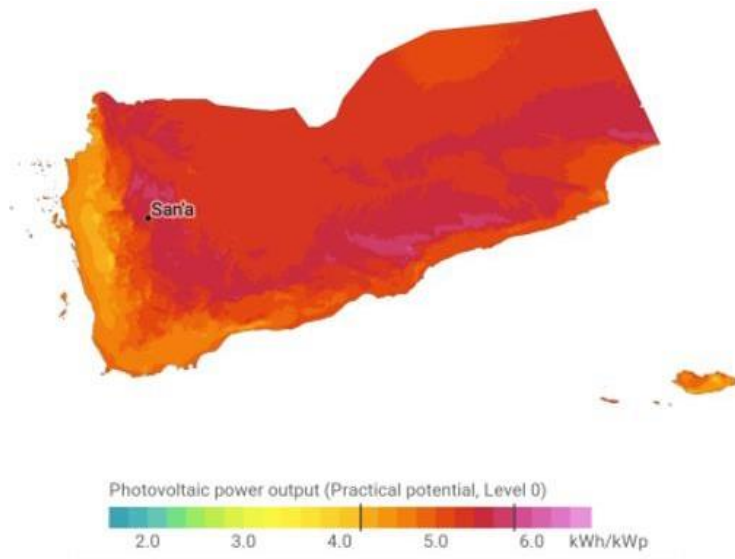
Bu çalışmada, güneş enerjisiyle çalışan ejektörlü soğutma sisteminin teorik ve matematiksel analizi yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada teorik araştırma kapsamında sistemin hesaplaması yapılmıştır ve analizi yaptıktan sonra yemen için bir teorik uygulama gerçekleştirilmiştir.

### 1.1. Yemen’de Güneş Enerjisi

Yemen güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengindir. Ülkenin geniş bir kısmı geniş güneş ışığına maruz kalmaktadır ve ortalama güneş ışığı miktarı yılda 2500 kWh/m<sup>2</sup>'ye ulaşmaktadır.

Yemen yılda ortalama 3000 saatten fazla güneş alan bir bölgedir ve Orta Doğu bölgesinde öne çıkan bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Orta doğuda yıllık ortalama güneşlenme saatleri 7,3 ile 9,1 saat arasındadır (solargis verilerine göre 11-13 saat/gün arasında gösterilmiştir). Yıllık ortalama güneş ışınımı miktarı 18–26 MJ/(m<sup>2</sup>/gün) olarak tahmin edilmektedir, bu da 5.2–6.8 kWh/(m<sup>2</sup>/gün) denk gelir [2].

Yemen'in güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Güneş enerjisinden elektriği üretmek için kullanılan teknolojilerden biri, Konsantre Güneş Enerjisi (CSP) olarak adlandırılır. CSP sistemleri, aynaları veya lensleri kullanarak güneş ışığını bir alıcıya odaklar. Bu alıcı, yoğunlaştırılmış güneş enerjisini ısıya dönüştürür. Elde edilen ısı, türbinleri çalıştırarak elektrik üretir. Yemen'in teorik güneş elektrik potansiyeli yaklaşık olarak 2.446.000 Megavat (MW) civarındadır [3].

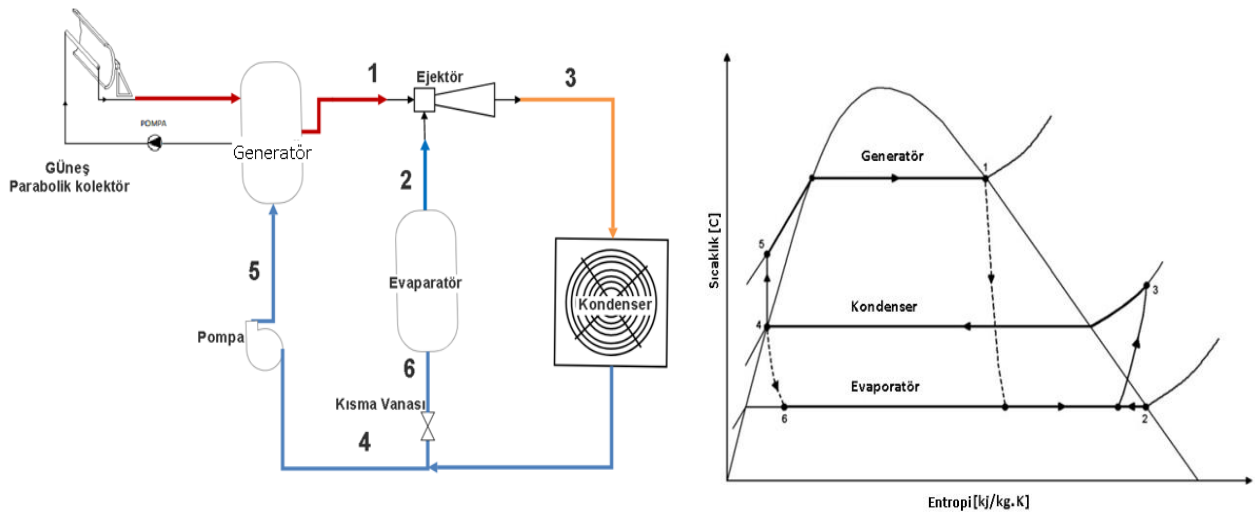


Şekil 1. Yemen güneşlenme potansiyeli, (solargis,2022)

Bu potansiyel büyük ölçekli güneş enerjisi projelerinin hayata geçirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için önemli bir fırsat sunmaktadır. Güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesi, enerji güvenliğini sağlamak, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek adına önemli bir adımdır. Yemen güneşlenme potansiyeli Şekil 1’de verilmiştir.

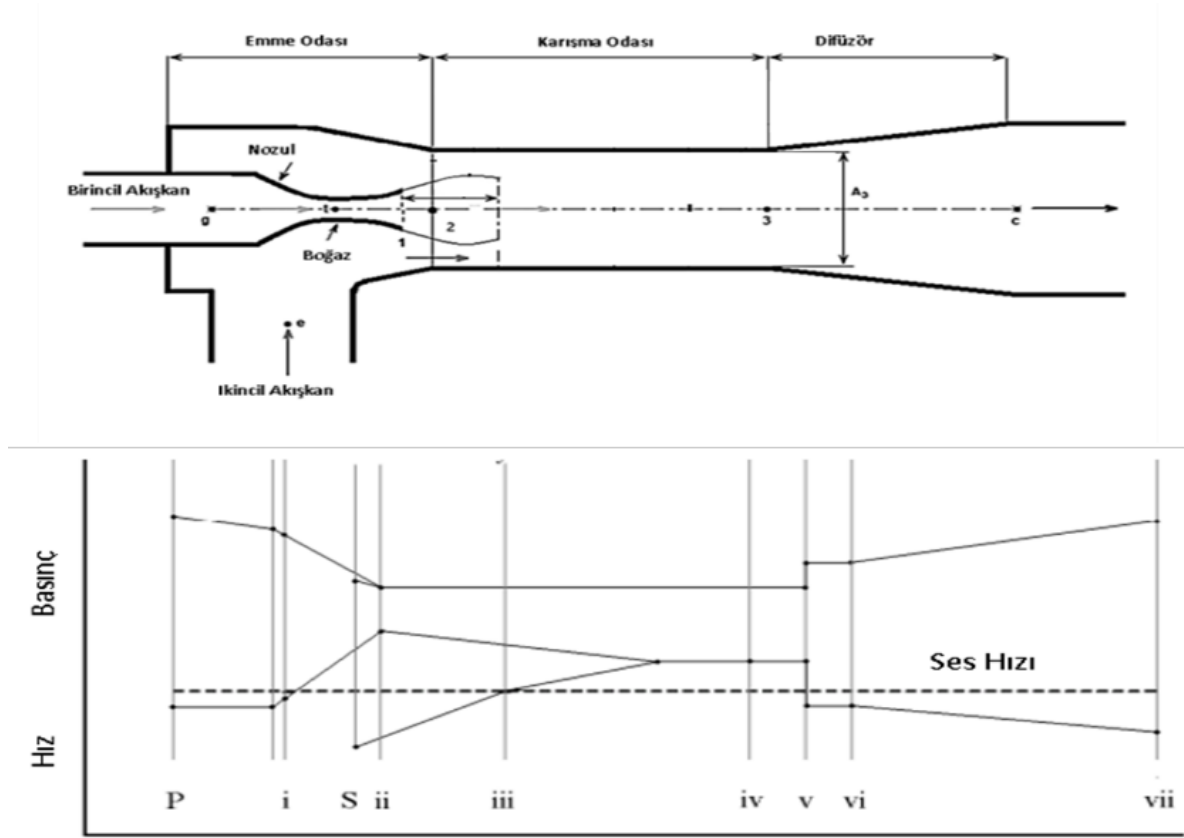
## 1.2. Sistemin Genel Tanımı

Bu çalışmada, ejektör soğutma sistemlerin güç devresinde dışardan güneş enerji kullanılmıştır. Sağlanan enerji ile jeneratörde yüksek basınçlı buhar sağlanır ve ejektöre gönderilir. Ejektöre gönderilen buhar, ejektör memesinden yüksek hızda çıkarken sağladığı basınç düşümü ile evaporatördeki soğutucu akışkan emilir. Bu iki akışkan karışım odasında karışır ve kondensere girerek çevreye ısı verir. Soğutma devresinde, genişleme vanasından geçirilerek basıncı düşürülen sıvı-buhar karışımı halinde yeniden evaporatöre girer ve ısı çekerek buharlaşır. Bu işlemler sürekli tekrarlanır. Şekil 2’de güneş enerjili ejektör soğutma sistemi ve TS şeması gösterilmiştir.



Şekil 2. Güneş enerjili ejektör soğutma sistemi ve TS şeması [4]

Ejektörün yapısının, akışkanın hız ve basınç üzerine etkisi bulunmaktadır. Jeneratörden gelen akışkan birincil nozuldan yüksek hızla çıkarak evaporatörden düşük hızla gelen akışkan ile karışmaktadır. Ejektör girişinden geçen birincil akışkan yüksek basınçta olduğunda ikincil akışkan ise daha düşük basınçta sahip bulunmaktadır. Emme bölgesinden geçen akışkan basıncının tersine hız eğrisinde görüldüğü gibi birincil akışkan ses üstü hızında ve ikincil akışkan ile karışma bölgesine gelmeden önce ses üstü hızda ilerler ve boğulma olayının neticesi ile hızı ses hızından daha düşük olmaktadır. Karışım ve difüzör bölgesinde genişlemeden dolayı akışkanın basıncı artırırken hızı azalmaktadır [4].



Şekil 3. Ejektör kesiti ve basınç ve hız profilleri [5,6]

Şekil3'te Ejektöre (1) noktasından geçer ve (2) noktasında jeneratörden ve evaporatörden gelen akışkanlar karışmaktadır. Ejektörde karıştırılan akışkanlar sabit basınçta ve artan sıcaklık ile ejektörün boğazına gelmektedir. Akışkan (3) noktaya gelene kadar şok olayın neticesinden Rayleigh ve Fanno eğrilerini oluşturmaktadır. Difüzör çıkışından (c) sabit basınç ile kondensere gider ve yoğuşur. Yoğuşan akışkan evaporatör ve jeneratöre giderek çevremi tamamlar.

## 2. MATERYAL ve METOD

Bu Çalışmada, yapılacak analiz ve hesaplanmalar için Sireng Enerji Firması tarafından üretilen SİRENG-GÜNPOT 2500 modeli parabolik oluk kolektörler referans olarak alınmıştır. Tabo1.'de SİRENG-GÜNPOT 2500 modeli parabolik oluk kolektörün teknik özellikleri verilmiştir.

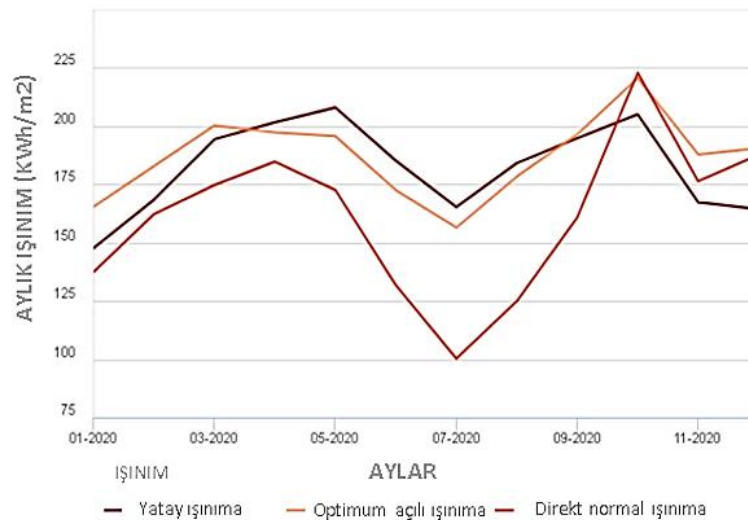
**Tablo 1.** SİRENG-GÜNPOT 2500 modeli teknik özellikleri [7]

| SİRENG-GÜNPOT 2500 modeli |            |
|---------------------------|------------|
| Kollektör Uzunluğu        | 12 m       |
| Kollektör Genişliği       | 2,5 m      |
| Alıcı Boru Çapı           | 25-50 mm   |
| Termal Verim              | 67%        |
| Çalışma Sıcaklığı         | 150-300 °C |
| Optik Verim               | >75%       |
| Yansıtıcılık              | 95%        |
| Isı Transfer Ortamı       | Su Buharı  |

Bu çalışma Aden şehri bölgesine odaklanmaktadır. Aden, Aden Körfezi'nin kıyısında ve Bab-el-Mandeb'in doğusunda konumlanmaktadır. Aden'in enlem değeri 12.80 ve boylam değeri 44.90'dur. Aden bölgesi yüksek bir yıllık güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Geniş bir sahil şeridine ve bol güneş ışığı alan bir konuma sahip olması, güneş enerjisi üretimi için etkili bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, bölge genellikle yaz aylarında yüksek güneş ışınlarına maruz kalmakta ve kurak bir iklimi bulunmaktadır.

Bu çalışmada analizi yapılan veriler iki kısma ayrılmıştır. Aden şehrinin yıllık ışıınım değerlerinin (en yüksek ve en düşük ışıınım) değişik aylar için analizi yapılmış. Ayrıca, sıcaklığa göre (en yüksek ve en düşük sıcaklık aylar) analizi yapılmıştır. SAM programdan alınan verileri 2020 yılın gerçek verilerine dayanarak çalışmalar yapılmıştır.

Seçilen bölgenin yıllık ortalama sıcaklıkları yüksek olduğu için güneş panelleri için ideal bir ortam sağlar. Güneş aylık ışıınımı değerleri şekil 4'te gösterilmektedir.



**Şekil 4.** Aden'de aylık güneş ışıınım

## 2.1.Sistemin Teorik Hesaplaması

### 2.1.1. Güneş Parabolik Kollektörün Optik ve Termodinamik Analizi

Optik verim, alıcı tarafından emilen enerjinin, kollektöre açıklığına gelen enerjiye oranı olarak tanımlanır [8].

$$\eta_o = \rho\tau\alpha\gamma \left[ (1 - A_f \tan(\theta)) \cos(\theta) \right] \quad (1)$$

Burada, ( $\tau\alpha$ ): yutma-geçirime çarpımı

Vakum nedeniyle alıcıdan taşınım ile ısı kaybı ve cam kılıfı absorbe ihmal edilirse, ısı kaybı QL olarak yazılabilir [9].

$$Q_L = UA_{ab,e}(T_{ab,e} - T_a) \quad (2)$$

Toplam ısı kaybı katsayısı (U) şu şekilde verilir,

$$U = \left[ \frac{D_{ab,e}}{(h_{c,co-a} + h_{r,co-a})D_{co,e}} + \frac{1}{2k_{co}} \ln \left( \frac{D_{co,e}}{D_{co,i}} \right) + \frac{1}{h_{r,ab-co} + h_{c,ab-co}} \right]^{-1} \quad (3)$$

Termal performans, yararlı enerji cinsinden verilmiştir. Kazanç, alıcının ısı kaybı ve ısı verim. Bu kullanıcıya verilen faydalı enerji aşağıdaki denklemlerle verilir: [10]

$$Q_u = \dot{m}c_p(T_{out} - T_{in}) \quad (4)$$

Burada m kütle akış hızı, cp ısı transfer akışkanının özgül ısı kapasitesi, Tout ısı transfer akışkanı çıkış sıcaklığı ve Tin soğurucu boru giriş sıcaklığıdır.

Ayrıca yararlı enerji şekilde elde edilebilir.

$$Q_u = A_a F_R [G_t(\tau\alpha)_n - U_L(T_i - T_a)] \quad (5)$$

Buradan, termal verim, Qu'nun enerji girdisine, gelen enerji (Ao I) bölünerek elde edilir (8).

$$\eta_g = \frac{Q_u}{IA_o} \quad (6)$$

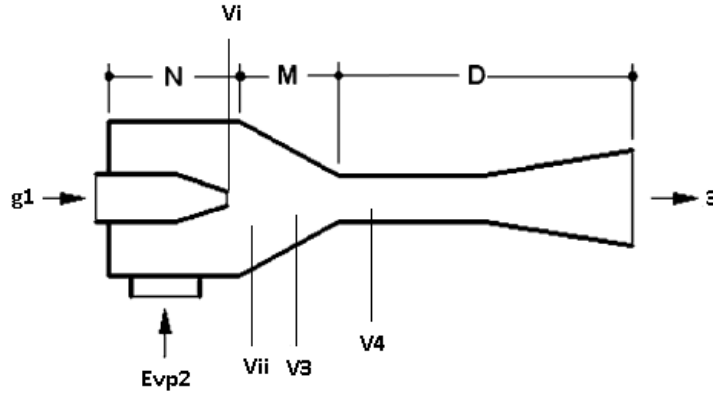
Güneş kollektörlerinin verimliliği ( $\eta_{col}$ ) tipik olarak aşağıdaki genelleştirilmiş denklem ile ifade edilir:

$$\eta_{col} = a - b \frac{\bar{T}_{HTF} - T_{amb}}{I_{sol}} - c \left( \frac{\bar{T}_{HTF} - T_{amb}}{I_{sol}} \right)^2 \quad (7)$$

Tamb'nin ortam sıcaklığı ve THTF'nin kollektörlerden geçerken ortalama HTF sıcaklığı olduğu ifade edilir. Güneş enerjisiyle çalışan soğutma uygulamalarında en yaygın olarak üç kollektör tipi kullanılmaktadır a, b ve c sabitleri toplayıcı tipine bağlıdır.[11]

### 2.1. 2. Ejektörlü Soğutma Sisteminin Teorik Analizi

Bir ejektör soğutma çevriminde, ejektör kritik ve analizde önemli bir bileşendir bulmaktadır. Güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemin termodinamik modellemesini için ejektörün performansını ve soğutma çevrenin termodinamik birinci kanununa göre değerlendirmektir. Bu çalışmada ejektör analizinde dikkate alınacak ve kullanılacak model sabit basınçlı karıştırma modeli olacaktır.



Şekil 5. Ejektörün şematik üzerinde hızları (12)

Analiz için gerekli olan kütle, momentum ve enerji dengeleri temel denklemler uygulanarak elde edilmektedir.

Devreye giren yüksek basınçlı sıvı akışkan (soğutucu akışkan), dışarıdan sağlanan enerji ( $Q_g$ ) ile kazanda veya jeneratörde buharlaştırılır. Jeneratörden ısı girişi hesaplaması için şu şekilde elde edilir:

$$Q_g = m_g \cdot (h_2 - h_1) \quad (8)$$

Evaporatör enerji girişi ise, şu şekilde verilir.

$$Q_e = m_e \cdot (h_3 - h_6) \quad (9)$$

Bu iki akışkanların, direncin olduğu ve akışın yavaşlatıldığı ejektördeki difüzöre girmeden önce karıştırma odasında karışır. Daha sonra yoğuşturucuya giren bu karışım, ortama ısı ( $Q_c$ ) vererek yoğuşur. Kondenserin ortama ısı atımı şu şekilde hesaplanır:

$$Q_c = m_c \cdot (h_4 - h_5) \quad (10)$$

Kütle akış hızı dengesi aşağıdaki gibidir:

$$m_c = m_e + m_g \quad (11)$$

Kütle korunum denklemden faydalanarak Akış sürüklenme oranı ( $\omega$ ), Denklem (12)'de verildiği gibi hesaplanabilir (13):



$$\omega = \frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_g} \quad (12)$$

$$\omega = \frac{h''_g - h''_c}{h''_c - h''_e} \quad (13)$$

Burada  $h''_g$  , Buhar durumunda entalpisi.

Bir soğutma çevriminin performansı genellikle, bir birim enerji girişi için çıkış soğutma gücü olan performans katsayısı ile ifade edilir:

$$COP = \frac{Q_e}{Q_g + W} \quad (14)$$

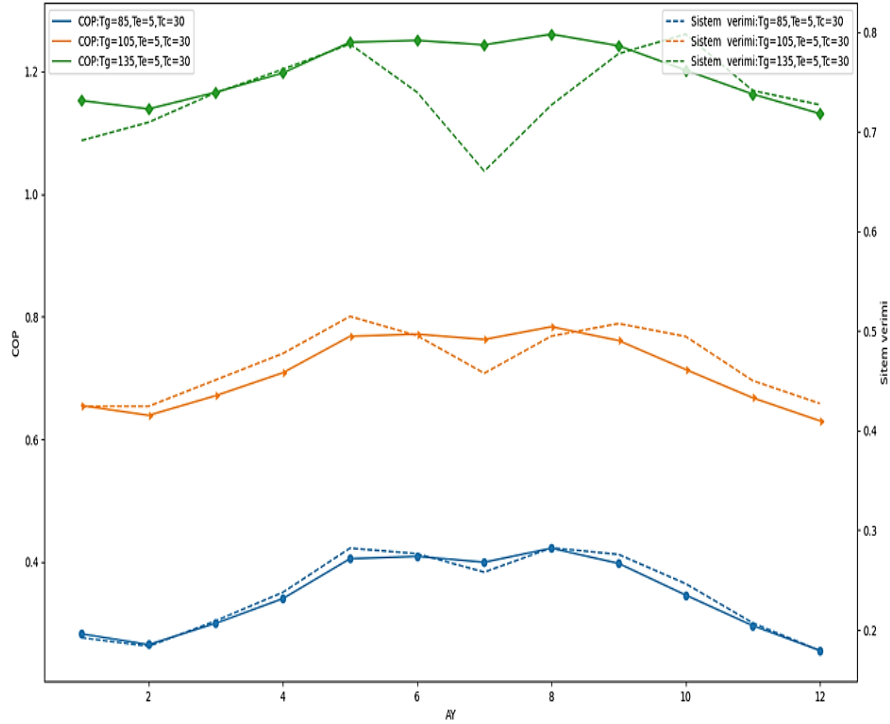
Sistem verimi şu formül ile elde edebilmektedir: (14)

$$\eta_{sys} = \eta_{col} \times COP \quad (15)$$

### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLAR ve TARTIŞMA

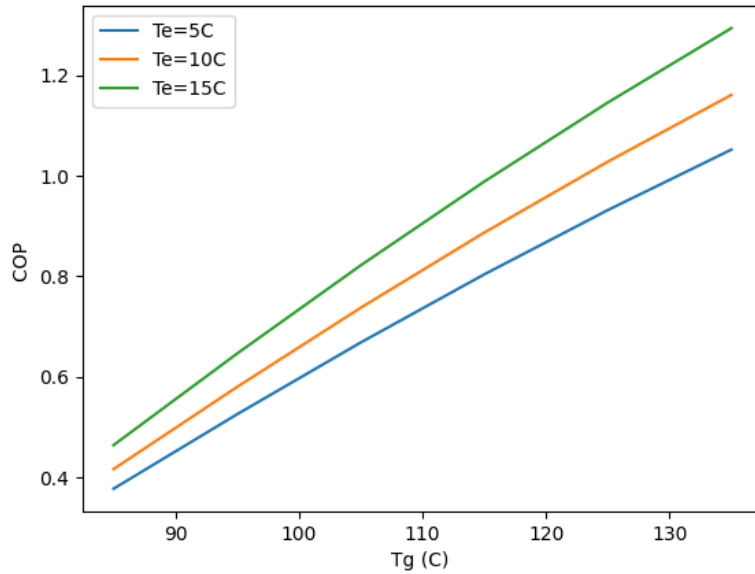
Bu çalışmada analizi yapılan veriler iki kısma ayrılmıştır. Aden şehrinin yıllık ışıınım değerlerinin (en yüksek ve en düşük ışıınım) değişik aylar için analizi yapılmış. Ayrıca, sıcaklığa göre (en yüksek ve en düşük sıcaklık aylar) analizi yapılmıştır. SAM programdan alınan verileri 2020 yılının gerçek verilerine dayanarak çalışmalar yapılmıştır. Python dilinde yazılan program vasıtasıyla teorik analiz yapılmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 1’de ki parabolik kollektör özellikleri kullanılmıştır. Kollektörlerin giriş ve çıkış sıcakların farkı  $\Delta T=10$  °C alınmıştır. Ayrıca kollektörleri bağlayan borular yalıtılmış olup, borularda ısı kayıpları ihmal etmiştir.

Sonuçlarda Aden şehrindeki aylara göre değişimi gösterilmektedir. Sonuçlardan aylık COP değerlerinin, jeneratör sıcaklığı artışına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Burada, en yüksek COP değerinin Ağustos ayında, en düşük değer ise Aralık ayında olduğu görülmektedir. Şekil 6’da Aden için farklı  $T_g, T_e, T_c$  sıcaklarına göre sistemin verimi ve COP değerlerinin aylara göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 6. Aden için farklı Tg, Te, Tc sistemin verimi ve COP'nin aylara göre değişimi

Güneş enerjisi ile çalışan ejektörlü soğutma sisteminde farklı jeneratör ve evaporatör sıcaklıklarıyla, performans katsayısı (COP) değişimleri incelenmiştir. Şekil 7'de, evaporatör sıcaklığı Te'nin 5, 10 ve 15 °C olduğu durumlarda, jeneratör sıcaklıkları ve COP değerleriyle birlikte değişimi gösterilmektedir. Sonuçlar, evaporatör ve jeneratör sıcaklıkları yükseldikçe, güneş enerjisi ile çalışan ejektörlü soğutma sisteminin performans katsayısının arttığı görülmüştür.



Şekil 7. Te ve Tg COP ile değişim grafiği

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı ejektörlü soğutma sistemi Yemen örneğinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yemen'deki enerji sorununa özellikle sanayi sektörüne bir çözüm olabilecek güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kullanımına dayalı sistemler bu çalışmanın odak noktasını oluşturmuştur. Güneş parabolik kollektör ve ejektörlü soğutma sistemi, Yemen'deki enerji sorununa çözüm olabilecek önemli bir teknolojidir. Zira Yemen gibi özellikle güneş ışımından zengin ve soğutma ihtiyacının büyük olduğu bölgelerde bu sistemler, temiz ve sürdürülebilir enerji sağlamak için idealdir.

Çalışmada, güneş enerjisi destekli ejektörlü soğutma sisteminin performansı, COP ve sistem verimi üzerinden değerlendirilmiştir. Bu değerler, sistemin etkinliği ve enerji kullanım verimliliği açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Yemende güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemleri ile ilgili literatürde hiçbir çalışma bulunmadığından bir karşılaştırma yapılamamıştır. Bu çalışma yemende güneş enerjili ejektörlü soğutma sistemi ile ilgili yapılmış olan ilk çalışmadır ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara öncülük edecektir. Bu çalışmanın elde ettiği sonuçlar, gelecekteki çalışmalarda daha ileri araştırmaların yapılmasını ve sistemin performansının optimize edilmesini sağlayabilecektir.

#### Teşekkür

Bu araştırma için bizleri destekleyen, Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM Merkezine Teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- [1] BP Energy Outlook , [Online]. Available: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2022.pdf>. [Accessed: July 08, 2023].
- [2] Hadwan, M. and Alkholidi, A. *Solar power energy solutions for Yemeni rural villages and desert communities*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 57, pp. 838-849, 2016.
- [3] Sufian, T. *Post Conflict Reconstruction Strategy Study for the Electricity and Energy Sector of Yemen*, 2019.
- [4] Meyer, A. J., Harms, T. M., and Dobson, R. T. *Steam jet ejector cooling powered by waste or solar heat*. Renewable Energy, vol.34(1), pp. 297-306, 2009.

- [5] Chunnanond, K., and Aphornratana, S. *Ejectors: applications in refrigeration technology*. Renewable and sustainable energy reviews, vol. 8(2), pp. 129-155, 2004.
- [6] Sumeru, K., Nasution, H., & Ani, F. N. *A review on two-phase ejector as an expansion device in vapor compression refrigeration cycle*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16(7), pp. 4927-4937, 2012.
- [7] Arslan, Ö. *Yerleşkeler İçin Odaklamalı Güneş Enerji Sistemlerinden Enerji İhtiyacının Karşıllanması*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, 2019.
- [8] Kalogirou, S. A. *Solar thermal power systems*. Sol. Energy Eng. Pp. 521-552, 2014.
- [9] Goswami, D. Y. *Principles of solar engineering*. CRC Press, 2022.
- [10] Mwesigye, A., and Meyer, J. P. *Optimal thermal and thermodynamic performance of a solar parabolic trough receiver with different nanofluids and at different concentration ratios*. Applied Energy, vol. 193, pp. 393-413, 2017.
- [11] Braimakis, K. *Solar ejector cooling systems: A review*. Renewable Energy, vol. 164, pp. 566-602, 2021.
- [12] Yu, J., Chen, H., Ren, Y., & Li, Y. *A new ejector refrigeration system with an additional jet pump*, Applied Thermal Engineering, vol. 26(2-3), pp. 312-319, 2006.
- [13] Khattab, N. M., & Barakat, M. H. *Modeling the design and performance characteristics of solar steam-jet cooling for comfort air conditioning*. Solar Energy, vol. 73(4), pp. 257-267, 2002.
- [14] Varga, S., Oliveira, A. C., Diaconu, B. *Numerical Assessment of Steam Ejector Efficiencies Using CFD*. International Journal of Refrigeration, vol. 32(6), pp. 203–1211, 2009.